

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-093112

(43)Date of publication of application : 06.04.2001

(51)Int.Cl.

G11B 5/31

G11B 21/21

(21)Application number : 11-271365

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 24.09.1999

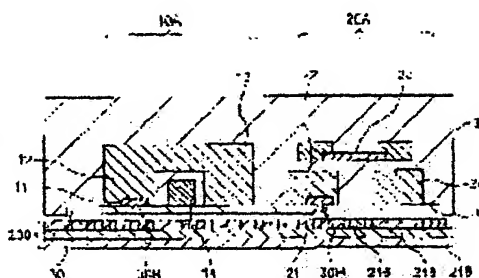
(72)Inventor : YODA HIROAKI  
TATEYAMA KOICHI  
OHINATA YUSUKE

## (54) MAGNETIC HEAD, ITS MANUFACTURE AND VERTICAL MAGNETIC RECORDER

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a magnetic head, the manufacturing method and a magnetic recorder capable of stably doubling a generation magnetic field by accurately controlling the recess amount from a medium opposing surface of a main magnetic pole, an auxiliary magnetic pole, a coil and a return yoke by a fine amount with excellent reproducibility.

SOLUTION: A magnetic element in a thin film shape is laminated on a thin film provided parallelly to the medium opposing surface and this magnetic head is constituted. Further, the thin film is provided with an opening and formation is performed so as to provide a tip part extended to the opening on a part of the main magnetic pole. In such a manner, the recess amount from the medium opposing surface of the magnetic element in the thin film shape is highly accurately controlled and the projection amount of the main magnetic pole tip part is also extremely finely and precisely controlled by the film thickness of the thin film simultaneously. As a result, recording magnetic field strength at the main magnetic pole tip part is increased to an ultimate value and the head capable of performing recording to the medium of high holding power coping with high density is provided.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 30.09.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

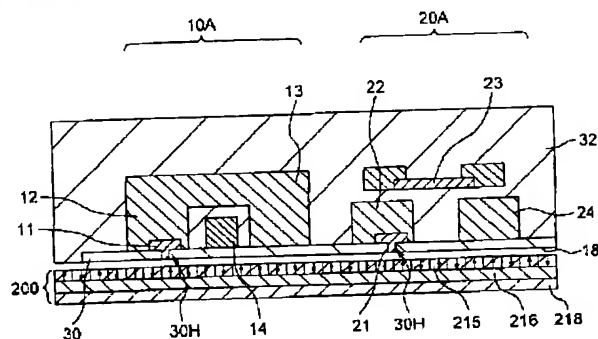
[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】垂直磁気記録媒体に磁化情報を記録または記録された磁化情報を再生する磁気ヘッドであって、前記垂直磁気記録媒体に対向する主面とこの主面に対して裏側の裏面とを有し、前記主面から前記裏面に至る開口が設けられた薄膜と、前記開口内に延出した先端部を有する主磁極と、前記主磁極と磁氣的に結合する薄膜磁気要素であって、一面が前記裏面に接触する端部を有する薄膜磁気要素と、を備えたことを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項 2】媒体対向面に対して平行に設けられた薄膜と、前記媒体対向面に向けて延出した主磁極と、前記主磁極と磁氣的に結合された薄膜リターンヨークと、前記主磁極と前記薄膜リターンヨークとにより形成される磁路と差交するように設けられた薄膜記録コイルと、を備え、前記主磁極の膜主面と、前記薄膜リターンヨークの膜主面と、前記薄膜記録コイルの膜主面は、いずれも前記媒体対向面に対して平行に形成され、前記薄膜リターンヨーク及び前記記録コイルの少なくともいずれかは、前記媒体対向面から前記薄膜の膜厚で規定される量だけリセスしていることを特徴とする垂直磁気記録用の磁気ヘッド。

【請求項 3】前記主磁極は、前記媒体対向面に向けて延出した主磁極先端部と、前記媒体対向面からリセスして前記薄膜上に設けられた補助磁極と、を有することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の磁気ヘッド。

【請求項 4】媒体対向面に対して平行に設けられた薄膜と、前記媒体対向面に向けて延出した主磁極と、薄膜磁気ヨークと、前記主磁極及び前記薄膜磁気ヨークと磁氣的に結合された磁気抵抗効果素子と、を備え、前記主磁極と前記薄膜磁気ヨークとにより媒体磁束を前記磁気抵抗効果素子に導き、媒体に記録された磁化情報を前記磁気抵抗効果素子の抵抗変化により検出するヨーク型磁気抵抗効果素子の磁気ヘッドであって、前記主磁極の膜主面と前記薄膜磁気ヨークの膜主面とはいずれも前記媒体対向面に対して平行に形成され、且つ前記薄膜磁気ヨークまたは前記磁気抵抗効果素子の少なくともいずれかは前記媒体対向面から前記薄膜の膜厚で規定される量だけリセスしていることを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項 5】垂直磁気記録媒体に磁化情報を記録または記録された磁化情報を再生する磁気ヘッドの製造方法であって、

基板上に剥離層を形成する工程と、前記剥離層の上に薄膜を形成する工程と、前記薄膜に開口を形成する工程と、前記開口を充填するように主磁極を形成する工程と、前記薄膜の上に前記主磁極と磁氣的に結合すべき薄膜磁気要素を形成する工程と、前記剥離層をエッチングすることにより前記基板を分離して前記薄膜の主面と平行な媒体対向面を形成する工程と、を備えたことを特徴とする磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 6】請求項 1～4 のいずれかに記載の磁気ヘッドを備え、垂直磁気記録媒体に対して磁気情報を記録または記録された磁気情報を再生することを特徴とする磁気記録装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気ヘッド、その製造方法及び磁気記録装置に関する。より詳細には、本発明は、主にハードディスク・ドライブ (Hard Disk Drive) などにおいて使用される垂直磁気記録媒体のための平面型主磁極タイプの記録用または再生用磁気ヘッド、その製造方法及び磁気記録装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】ハードディスク・ドライブなどの磁気記録再生装置は、高密度化が急速に進み、面記録密度の次なるハードルは、40～100 Gbps/in<sup>2</sup> (ギガビット/インチ<sup>2</sup>) となりつつある。しかし、従来の面内記録方式 (長手記録方式) を用いてこの記録密度を達成しようとする、磁氣的に記録したデータが熱の影響で消えてしまう、いわゆる熱擾乱問題が顕在化する可能性が高い。この点で、垂直記録方式が有利であると考えられる。

【0003】媒体の熱擾乱に対する耐性は、単位体積あたりの磁化エネルギー  $K_u$  と粒子の体積  $V$  との積に比例する。面内記録方式において線記録密度を上げるためには、磁化した媒体の反磁界を下げるために媒体の膜厚を薄くする必要がある。すると体積  $V$  が小さくなり、熱擾乱耐性が低下する。これを避けるために  $K_u$  を上げていくのだが、すると抗磁力が大きくなり記録が困難となる。

【0004】一方、垂直記録方式の場合は、磁化方向が媒体の膜厚方向であるため、媒体の膜厚を薄くする必要がなく、比較的小さい  $K_u$  でも熱擾乱耐性が良好であり、より高密度化を達成しやすい。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、垂直記録方式の場合も、さらに面密度を上げるためには、やはり  $K_u$  を上げる必要がある。そして、本発明者の独自の検討の結果、従来の記録ヘッドは、大きな磁界を安定して得られる記録ヘッドを再現性良く製造するという点に関し

て、構造上の問題を有することが判明した。以下、この問題について詳細に説明する。

【0006】図12は、従来の垂直記録再生用の磁気ヘッドの断面構造を表す概念図である。すなわち、同図は、記録用磁気ヘッド100Aと再生用磁気ヘッド100Bが媒体200上に配置された状態を表す。

【0007】記録用磁気ヘッド100Aは、主磁極111、補助磁極112、リターンヨーク113、および記録媒体200に設けられた裏打ち軟磁性膜216によってリング状の磁路を形成し、この磁路と差交するように記録コイル114Aが設けられた構成を有する。

【0008】また、再生用磁気ヘッド100Bは、主磁極111、補助磁極112、リターンヨーク113、および記録媒体200に設けられた裏打ち軟磁性膜216によってリング状の磁路を形成し、この磁路と差交するように再生コイル114Bが設けられた構成を有する。

【0009】記録ヘッド100Aのリターンヨーク113は、基板Sの上に積層された軟磁性膜により構成されている。一方、再生ヘッド100Bのリターンヨーク113は、軟磁性材料からなる基板Sにより構成されている。

【0010】また、媒体200と対向する媒体対向面118には、DLC (diamond-like-carbon) などからなる潤滑膜117が設けられている。

【0011】記録ヘッド100Aにおいては、記録コイル114Aに電流を通電し比較的厚い補助磁極112によって多くの磁束を発生させ、それを主磁極111に集中させることによって、大きな磁界を媒体200に漏洩させ、垂直記録層215を磁化して記録する。なお、図12に表した媒体200には、バイアス層218が設けられている。

【0012】また、再生ヘッド100Bにおいては、リング状の磁路と差交して設けられた再生コイル114Bに生ずる誘導電流を検出することにより再生する。

【0013】記録ヘッド100Aにおいては、主磁極111に十分多くの磁束を供給するために、補助磁極112は主磁極111よりも厚く形成する必要がある。媒体200から補助磁極112までの距離が、媒体200から主磁極111までの距離と同程度となると、主磁極111に磁束を集中させることが難しくなり、ひいては大きな漏洩磁界が得られなくなる。このため、補助磁極112は媒体200の対向面より微少量（図中において符号Lで示した）だけリセス（後退）した状態に配置する必要がある。

【0014】一方、リターンヨーク113も、その角部近傍で磁界の集中により媒体を記録しないように、媒体対向面よりリセスして配置する必要がある。

【0015】これに対して、主磁極111の突出部は、磁界を集中させるために細く形成されているため、磁気抵抗が高い。従って、主磁極111に大量の磁気を流し

てその先端から大きな磁界を漏洩させるためには、主磁極111の突出部をできるだけ短くして磁気抵抗を減らす必要がある。つまり、補助磁極112およびリターンヨーク113は、リセスしつつ可能なかぎり媒体200に接近させるべきである。また、当然のことながら、記録コイル114Aも垂直記録層215に接近させた方が、より大きな磁界を主磁極111の先端部に発生させることが出来る。

【0016】以上まとめると、媒体に対する記録磁気強度を高くするためには、補助磁極112、リターンヨーク113、記録コイル114Aを、いずれも主磁極111よりも微少量だけリセスしつつ媒体200に対してできるだけ接近させる必要がある。同様の事情は、再生ヘッド100Bについても生ずる。

【0017】しかし、図12に例示したような従来の垂直磁気ヘッド100A、100Bは、その構造上、このような要求を十分に満たすものを安定して製造することが困難であった。

【0018】まず、記録用磁気ヘッド100Aの製造工程について簡単に説明すると以下の如くである。

【0019】すなわち、基板Sの上にリターンヨーク113、記録コイル114A、主磁極111、補助磁極112をこの順に積層パターニングする。次に、積層した膜面と垂直な方向に切断し、その切断面をラッピングにより加工して媒体対向面118を形成する。最後に、DLC潤滑膜117を成膜して記録ヘッド100Aが完成する。

【0020】しかし、媒体対向面118を形成する際のラッピング工程の誤差が $\pm 0.15 \mu\text{m}$ 程度あるため、もっとも高精度の制御が要求される補助磁極112の媒体200に対する対向面側のエッジ位置を媒体対向面から平均 $0.15 \mu\text{m}$ リセスするように狙って加工しても、最悪の場合 $0.3 \mu\text{m}$ もリセスしてしまう。すると主磁極111から発生する磁界強度は、 $0.15 \mu\text{m}$ のみリセスした場合に比較して約70%程度に低下してしまう。

【0021】さらに、リターンヨーク113、コイル114、主磁極111、補助磁極112は、いずれもフォトリソグラフィにより加工されるため、いずれのエッジ位置もパターニング誤差（ $\pm 0.1 \mu\text{m}$ ）やアライメント誤差（ $\pm 0.2 \mu\text{m}$ ）により、 $\pm 0.3 \mu\text{m}$ 程度変動する。ラッピングが $0.15 \mu\text{m}$ だけ削り過ぎの方にずれた場合にも、リターンヨーク113が媒体対向面118に露出しないようにするためには、最悪ケースを想定すると、リターンヨーク113のエッジの位置を $0.9 \mu\text{m}$ 程度も媒体対向面118からリセスさせなければならない。この場合には、記録磁界強度はさらに約90%程度まで減衰した。同様に記録コイル114が媒体200から離れる方向にずれて形成された場合は、さらに80%程度まで発生磁界強度が減衰する。

【0022】結局、すべての誤差が最悪方向でずれた場合を想定すると、 $0.7 \times 0.9 \times 0.8 = 0.5$ となり、なんと記録磁界強度は半減してしまう。記録磁界強度が低下すると、熱によるデータの消失が生じやすくなり、原理的に熱擾乱に強いという垂直磁気記録方式のメリットが実際はまったく活かせない。

【0023】本発明は、かかる課題に認識に基づいてなされたものである。すなわち、その目的は、主磁極、補助磁極、コイル、リターンヨークの媒体対向面からのリセス量を、それぞれ  $0.05 \sim 0.1 \mu\text{m}$  程度の微少量で正確且つ再現性良く制御することにより発生磁界を安定して倍増させることが可能な磁気ヘッド、その製造方法及び磁気記録装置を提供することにある。

【0024】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、媒体対向面に対して平行に設けられた薄膜の上に、薄膜状の磁気要素を積層させて磁気ヘッドを構成する。さらに、薄膜には開口を設け、主磁極の一部がこの開口に延出した先端部を有するように形成する。ここで、「磁気要素」とは、磁気ヘッドを構成する主要な磁気的要素のことであり、記録用磁気ヘッドの場合には、主磁極、薄膜リターンヨーク、記録コイルなどを指し、再生用磁気ヘッドの場合には、主磁極、薄膜磁気ヨークやGMRなどの検出素子を指す。

【0025】本発明によれば、薄膜状の磁気要素、すなわち補助磁極部、薄膜リターンヨーク、薄膜コイルなどの媒体対向面からのリセス量を高精度に制御でき、同時に主磁極先端部の突出量も薄膜の膜厚により極めて微小且つ精密に制御できる。その結果として、主磁極先端部での記録磁界強度を究極の値まで増大でき、高密度対応の高保持力の媒体に記録できるヘッドを提供することができる。

【0026】すなわち、本発明の磁気ヘッドは、垂直磁気記録媒体に磁化情報を記録しまたは記録された磁化情報を再生する磁気ヘッドであって、前記垂直磁気記録媒体に対向する主面とこの主面に対して裏側の裏面とを有し、前記主面から前記裏面に至る開口が設けられた薄膜と、前記開口内に延出した先端部を有する主磁極と、前記主磁極と磁気的に結合する薄膜磁気要素であって、一面が前記裏面に接触する端部を有する薄膜磁気要素と、を備えたことを特徴とする。

【0027】つまり、薄膜の開口に主磁極を突出させ、薄膜上にヘッドを構成する薄膜磁気要素を形成する。ここで、「端部」とは、磁気ヨークや補助磁極などにおける媒体対向面側の部分を指す。

【0028】従って、本発明の磁気ヘッドは、垂直磁気記録媒体に磁化情報を記録しまたは記録された磁化情報を再生する磁気ヘッドであって、媒体対向面に対して平行に設けられ開口を有する薄膜と、前記薄膜上に設けられ前記開口内に延出した先端部を有する主磁極と、前記

薄膜上に設けられ前記主磁極と磁気的に結合される薄膜磁気要素と、を備え、前記主磁極の膜主面と、前記薄膜磁気要素の膜主面は、いずれも前記媒体対向面に対して平行に形成されたことを特徴とする。

【0029】また、より具体的に、記録用の磁気ヘッドとしては、媒体対向面に対して平行に設けられた薄膜と、前記媒体対向面に向けて延出した主磁極と、前記主磁極と磁気的に結合された薄膜リターンヨークと、前記主磁極と前記薄膜リターンヨークとにより形成される磁路と差交するように設けられた薄膜記録コイルと、を備え、前記主磁極の膜主面と、前記薄膜リターンヨークの膜主面と、前記薄膜記録コイルの膜主面は、いずれも前記媒体対向面に対して平行に形成され、前記薄膜リターンヨーク及び前記記録コイルの少なくともいずれかは、前記媒体対向面から前記薄膜の膜厚で規定される量だけリセスしていることを特徴とする。

【0030】上記した記録用磁気ヘッドにおいては、前記主磁極は、前記媒体対向面に向けて延出した主磁極先端部と、前記媒体対向面からリセスして前記薄膜上に設けられた補助磁極と、を有するものとすることができる。

【0031】一方、再生用の磁気ヘッドとしては、媒体対向面に対して平行に設けられた薄膜と、前記媒体対向面に向けて延出した主磁極と、薄膜磁気ヨークと、前記主磁極及び前記薄膜磁気ヨークと磁気的に結合された磁気抵抗効果素子と、を備え、前記主磁極と前記薄膜磁気ヨークとにより媒体磁束を前記磁気抵抗効果素子に導き、媒体に記録された磁化情報を前記磁気抵抗効果素子の抵抗変化により検出するヨーク型磁気抵抗効果型の磁気ヘッドであって、前記主磁極の膜主面と前記薄膜磁気ヨークの膜主面とはいずれも前記媒体対向面に対して平行に形成され、且つ前記薄膜磁気ヨークまたは前記磁気抵抗効果素子の少なくともいずれかは前記媒体対向面から前記薄膜の膜厚で規定される量だけリセスしていることを特徴とする。

【0032】一方、本発明の磁気ヘッドの製造方法は、垂直磁気記録媒体に磁化情報を記録しまたは記録された磁化情報を再生する磁気ヘッドの製造方法であって、基板上に剥離層を形成する工程と、前記剥離層の上に薄膜を形成する工程と、前記薄膜に開口を形成する工程と、前記開口を充填するように主磁極を形成する工程と、前記薄膜の上に前記主磁極と磁気的に結合すべき薄膜磁気要素を形成する工程と、前記剥離層をエッチングすることにより前記基板を分離して前記薄膜の主面と平行な媒体対向面を形成する工程と、を備えたことを特徴とする。

【0033】また、本発明の磁気記録装置は、前述した本発明のいずれかの磁気ヘッドを備え、垂直磁気記録媒体に対して磁気情報を記録しまたは記録された磁気情報を再生することを特徴とする。

## 【0034】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を参照しつつ詳細に説明する。

【0035】図1は、本発明の垂直磁気ヘッドの断面構造を表す概念図である。すなわち、同図は、本発明の記録用磁気ヘッド10Aと再生用磁気ヘッド20Aが媒体200上に配置されている状態を表す。同図においては、左右方向が記録トラックの長手方向であり、紙面に対して垂直な方向が記録トラックの幅方向に対応する。また、媒体200としては、バイアス層218と裏打ち軟磁性膜216と垂直記録層215とを積層させたものを例示した。各層の材料としては、例えば、バイアス層218はPtMn、裏打ち軟磁性膜216はNiFe、垂直記録層はCoCrPtを用いることができる。

【0036】本発明の記録用磁気ヘッド10Aは、薄膜30の上に積層された薄膜磁気要素11～14を有する。具体的には、主磁極先端部11、補助磁極部12、薄膜リターンヨーク部13及び媒体200に設けられた裏打ち軟磁性膜216によって、リング状の磁路を形成するように構成され、この磁路と差交するように薄膜記録コイル14が設けられている。各要素部の間隙は、例えば酸化アルミニウムなどからなる絶縁層32によって絶縁支持されている。

【0037】薄膜30は、垂直磁気記録媒体200に対向する主面としての媒体対向面18と、これの裏側の裏面とを有する。薄膜30は、具体的には、媒体対向面18に対して平行に設けられたDLC（Diamond-Like-Carbon）潤滑膜などにより構成することができる。ヘッドを構成する各薄膜磁気要素11～14の膜面も、媒体200に対して平行になるように配置されている。そして、磁気ヘッドを構成する各薄膜磁気要素11～14は、DLC潤滑膜30の裏面（媒体対向面18の裏側の面）に位置整合して設けられている。さらに、DLC潤滑膜30には、開口30Hが設けられ、主磁極先端部11はこの開口30Hを充填し、その先端面が潤滑膜30の下面と同一レベルまで延出するように形成されている。すなわち、主磁極先端部11の突出量は、DLC潤滑膜30の膜厚（例えば、0.1 $\mu$ m程度とすることができる）によって正確に制御されている。

【0038】一方、補助磁極部12、薄膜リターンヨーク部13及び薄膜記録コイル14は、いずれもDLC（Diamond-Like-Carbon）潤滑膜30の裏面に位置整合して設けられている。つまり、各薄膜磁気要素は、薄膜30の裏面に接触する端部を有する。その結果として、これらの各要素部の媒体200に対するリセス量も、DLC潤滑膜30の膜厚によって正確に制御されている。

【0039】本発明によれば、このように、磁気ヘッド10Aを構成する各要素となる薄膜をその膜面が媒体200に対して平行になるように配置することによって、補助磁極12の媒体対向面側エッジ位置、薄膜リターン

ヨーク13の媒体対向面側エッジの位置、コイル14の媒体対向面側エッジの位置、のリセス量をそれぞれ媒体対向面側に積層したDLC潤滑膜30などの薄膜の膜厚によって正確且つ容易に規定できる。薄膜30の膜厚は、0.01 $\mu$ mオーダーで正確に制御できるため、補助磁極12、薄膜リターンヨーク13、コイル14の微小リセス量を極めて正確にコントロールでき、ひいては記録磁界強度を究極の値まで増大することが可能となる。

【0040】なお、補助磁極12及び薄膜リターンヨーク13の媒体対向面側のエッジは丸めることが望ましい。その理由は、丸めない場合は、磁束がエッジ部分に集中し、エッジから媒体側に漏洩する磁束成分が増えて、媒体に不要な信号を記録することがあるからである。

【0041】次に、本発明の再生用磁気ヘッド20Aについて説明すると、主磁極先端部21、薄膜磁気ヨーク22、検出素子23、薄膜磁気ヨーク24及び裏打ち軟磁性膜216によって、リング状の磁路を形成するように構成されている。検出素子23としては、例えば、GMR（giant magnetoresistive）素子やTMR（tunneling magnetoresistive）素子などの磁気抵抗効果素子を用いると高感度の再生ヘッドを実現することができる。

【0042】本発明の磁気再生ヘッド20においても、主磁極先端部21はDLC潤滑膜30に設けられた開口30Hを充填し、その先端面が潤滑膜30の下面と同一レベルまで延出するように形成されている。そして、薄膜磁気ヨーク22、24は、いずれも潤滑膜30の上面に位置整合して配置されている。つまり、主磁極先端部21の突出量は潤滑膜30の膜厚によって正確に制御され、同時に、薄膜磁気ヨーク22、24のリセス量も潤滑膜30の膜厚によって正確に制御されている。従って、記録ヘッド10Aに関して前述した通り、各要素の位置関係を正確且つ容易に制御し、高感度のヘッドを高い再現性で製造することができる。

【0043】次に、本発明の磁気ヘッド10A、20Aの製造方法について説明する。

【0044】図2及び図3は、本発明の磁気ヘッドの製造方法を概念的に表す工程断面図である。

【0045】まず、図2（a）に表したように、シリコン（Si）などからなる基板41の上に、銅（Cu）などの酸やアルカリに容易に溶解する材料からなる剥離層42を成膜し、さらにDLC潤滑膜30を成膜する。

【0046】次に、図2（b）に表したように、DLC膜30に開口30Hを形成する。具体的には、FIB（Focused Ion Beam Etching）やエキシマレーザー露光、あるいはEB（Electron-beam）直接描画などの方法によって図示しないマスクを形成し、反応性エッチングを用いて、0.15 $\mu$ m×0.15 $\mu$ m程度の開口30Hを形成する。

【0047】次に、図2(c)に表したように、磁気ヘッドの主磁極先端部を形成する。具体的には、FeCo、NiFeによる主磁極先端部11、21をそれぞれメッキなどの方法により開口30Hに埋め込み、パターニングする。

【0048】次に、図2(d)に表したように、DLC膜30の上にNiFe等をメッキなどの方法により堆積しパターニングすることによって、補助磁極12、薄膜リターンヨーク13、薄膜磁気ヨーク22、24を形成する。さらに、Cu等をメッキなどの方法により堆積しパターニングすることによって薄膜記録コイル14形成する。

【0049】次に、図2(e)に表したように、AlOx(酸化アルミニウム)等の絶縁層32Aを成膜し、CMP(Chemo-mechanical-polishing)により、平坦化する。

【0050】次に、図3(a)に表したように、記録ヘッド10の補助磁極12と薄膜リターンヨーク13とを磁氣的に結合する。具体的には、NiFe等を所定のパターンに堆積する。

【0051】次に、図3(b)に表したように、再生ヘッド20Aの検出素子23を形成する。具体的には、まず、AlOx絶縁層32Bを堆積しCMPにより平坦化した後に、図中右側の再生ヘッドのみAlOx絶縁層32Bの上にGMR素子あるいはTMR素子などからなる検出素子23を形成する。

【0052】次に、図3(c)に表したように、絶縁層で埋め込む。具体的には、AlOx等の絶縁層32Cを成膜し、CMPにより平坦化する。

【0053】最後に、図3(e)に表したように、基板全体を酸やアルカリに浸してCuなどからなる剥離層42層を溶解し、基板41と磁気ヘッド10A、20Aとを切り離す。

【0054】なお、主磁極先端部11、補助磁極12、薄膜リターンヨーク13等は、反強磁性体と積層することによって磁区制御した磁性膜を使えば、ノイズの抑制された磁気ヘッドを得ることができる。また、反強磁性体の一方向異方性を分散させれば、等方膜となり効率もよくなる。

【0055】以上説明した本発明の製造方法によれば、記録ヘッド1の補助磁極12、薄膜記録コイル14、薄膜リターンヨーク13の媒体対向面からのリセス量は、すべてDLC潤滑膜30の膜厚(0.1 $\mu$ m程度)によって正確にコントロールできる。また、再生用磁気ヘッド20Aの薄膜磁気ヨーク22、24、GMR/TMR素子23のリセス量もそれぞれの基板41上での積層薄膜の厚さによって精密且つ容易に規定することができる。

【0056】なお、図1に例示した磁気ヘッド10A、20Aは、主磁極先端部11、21の先端面がDLC潤滑

膜30の下面と同一レベルとされている。しかし、本発明は、これに限定されず、例えば、主磁極先端部11、21の先端面が潤滑膜30内に覆われても良い。

【0057】図4は、このように主磁極先端部が覆われた状態を例示する要部拡大断面図である。すなわち、主磁極先端部11は、その先端面が潤滑膜30aにより覆われている。このような構成にすれば、主磁極先端部11の先端面を保護し、媒体との接触などによる摩耗を防ぐことができる。

【0058】このように主磁極先端部を埋め込むには、図2(b)に関して前述した工程においてDLC潤滑膜30に開口30Hを形成する際に、剥離層42まで至る貫通穴でなく潤滑膜30の途中まで開口すれば良い。

【0059】または、図3(d)に表したように基板41から分離した後に、主磁極先端部11、21の先端面を覆うように、媒体対向面上に新たに所定の膜厚のDLC潤滑膜30aを堆積しても良い。この場合には、図4の薄膜層30aは、DLC潤滑膜により構成することが望ましいが、薄膜30bは、必ずしもDLC潤滑膜により構成する必要はない。すなわち、薄膜30bの材料は、他の部材との相性や形成プロセスの容易性などを考慮して適宜選択することが可能である。

【0060】次に、本発明の変形例について説明する。

【0061】まず、本発明においては、磁気ヘッドを構成する各薄膜磁気要素のリセス量を決定するDLC潤滑膜30の膜厚に分布を設けることにより、各要素のリセス量を変えることも可能である。

【0062】図5は、本発明の第1の変形例を概念的に表す断面図である。同図については、図1乃至図4に関して前述したものと同一の部分には同一の符号を付して詳細な説明は省略する。

【0063】図5(a)に表した磁気ヘッド10Bは、薄膜記録コイル14のリセス量が補助磁極12や薄膜リターンヨーク13に比べてさらに小さく設定されている。つまり、薄膜記録コイル14は、媒体200に対して、より接近して配置され、より大きな記録磁界を主磁極先端部11の先端に発生させることが可能とされている。

【0064】さらに、DLC潤滑膜30を階段状に積層することによって、各要素部のリセス量にオフセット(off-set)を与え、正確にリセス量を変えることも可能である。

【0065】図5(b)は、このように複数の潤滑膜を用いてオフセットを与えた磁気ヘッドの一例を表す要部拡大断面図である。

【0066】すなわち、同図の磁気ヘッド10Cにおいては、4層の薄膜30a~30dが設けられている。そして、主磁極先端部11は、薄膜30b~30dを貫通して設けられている。また、薄膜磁気コイル14は、薄膜30c、30dを貫通して設けられ、薄膜リターンヨ



ーク部 13 は薄膜 30d を貫通して設けられ、補助磁極部 12 は薄膜 30d の上に設けられている。最下層の薄膜 30a は、すべての要素を覆う保護膜として作用する。

【0067】つまり、磁気ヘッド 10C の各薄膜磁気要素には、薄膜 30a ~ 30d の積層膜厚に応じて異なるオフセットが与えられ、媒体対向面 18 からのリセス量がそれぞれが異なるように形成されている。

【0068】このように、複数の薄膜を積層させると、磁気ヘッドの各要素のリセス量をそれぞれの薄膜の膜厚によって正確に変えることが可能となる。

【0069】ここで、図 5 (b) に例示したような構造を簡単に形成するひとつの方法として、複数の薄膜 30a ~ 30d のそれぞれをエッチング特性が異なる材料により構成する方法がある。例えば、最下層の薄膜 30a は、DLC 潤滑膜により構成する。そして、その上に積層させる 3 層の薄膜 30b ~ 30d の薄膜の材料を適宜異なるものとする。

【0070】図 2 乃至図 3 に例示したような方法により製造する場合を想定すると、まず、薄膜 30b ~ 30d を積層させ、この 3 層を貫通する開口を設けて主磁極先端部 11 を形成する。次に、薄膜 30b に対するエッチング速度は小さく、薄膜 30c、30d に対するエッチング速度が大きいようなエッチング方法を用いて、角膜 30c、30d を貫通する開口を設け、薄膜磁気コイル 14 を形成する。このような選択的なエッチングは、薄膜 30b ~ 30d の材料とエッチングのガス種や条件を適宜設定することにより可能である。

【0071】次に、薄膜 30c に対するエッチング速度が小さく薄膜 30d に対するエッチング速度が大きいエッチング方法を用いて薄膜 30d を貫通する開口を設け、薄膜リターンヨーク部 13 を形成する。

【0072】以上説明したように、エッチング選択比が大きくなるように、薄膜の材料とエッチング方法を適宜設定すれば、図 5 (b) に例示したような薄膜の積層構造を容易に形成することができる。

【0073】図 6 は、本発明の第 2 の変形例を概念的に表す断面図である。同図についても、図 1 乃至図 5 に關して前述したものと同一の部分には同一の符号を付して詳細な説明は省略する。同図に表した再生用磁気ヘッド 20B は、主磁極先端部 21 の両側に、一対の再生シールド 26、26 を有する。この再生シールド 26、26 は、軟磁性材料により形成され、媒体から主磁極先端部 21 に流れる磁気を制限することによって、空間分解能を向上させる作用を有する。このような再生シールド 26、26 は、潤滑膜 30 の対向面側に形成することによって、主磁極先端部 21 との位置関係を極めて精密且つ容易に制御することができる。従って、本変形例によれば、信号磁界を無用に減ずることなく再生シールドを所定の位置に配置することができ、ノイズ成分となる周囲

の磁界を効果的に遮断することが可能となる。

【0074】以上説明した本発明の磁気ヘッドは、例えば、記録再生一体型の磁気ヘッドに組み込まれ、磁気記録再生装置に搭載することができる。

【0075】図 7 は、このような磁気記録再生装置の概略構成を例示する要部斜視図である。すなわち、本発明の磁気記録再生装置 150 は、ロータリーアクチュエータを用いた形式の装置である。同図において、垂直記録用磁気ディスク 200 は、スピンドル 152 に装着され、図示しない駆動装置制御部からの制御信号に応答する図示しないモータにより回転する。磁気ディスク 200 に格納する情報の記録再生を行うヘッドスライダ 153 は、薄膜状のサスペンション 154 の先端に取り付けられている。ここで、ヘッドスライダ 153 は、例えば、前述したいずれかの実施の形態にかかる磁気ヘッドをその先端付近に搭載している。

【0076】磁気ディスク 200 が回転すると、ヘッドスライダ 153 の媒体対向面 (ABS) は磁気ディスク 200 の表面から所定の浮上量をもって保持される。

【0077】サスペンション 154 は、図示しない駆動コイルを保持するボビン部などを有するアクチュエータアーム 155 の一端に接続されている。アクチュエータアーム 155 の他端には、リニアモータの一種であるボイスコイルモータ 156 が設けられている。ボイスコイルモータ 156 は、アクチュエータアーム 155 のボビン部に巻き上げられた図示しない駆動コイルと、このコイルを挟み込むように対向して配置された永久磁石および対向ヨークからなる磁気回路とから構成される。

【0078】アクチュエータアーム 155 は、固定軸 157 の上下 2 箇所に設けられた図示しないボールベアリングによって保持され、ボイスコイルモータ 156 により回転摺動が自在にできるようになっている。

【0079】図 8 は、アクチュエータアーム 155 から先の磁気ヘッドアセンブリをディスク側から眺めた拡大斜視図である。すなわち、磁気ヘッドアセンブリ 160 は、例えば駆動コイルを保持するボビン部などを有するアクチュエータアーム 155 を有し、アクチュエータアーム 155 の先端にはサスペンション 154 が接続されている。

【0080】サスペンション 154 の先端には、上述した実施形態の記録用または再生用磁気ヘッドを具備するヘッドスライダ 153 が取り付けられている。サスペンション 154 は信号の書き込みおよび読み取り用のリード線 164 を有し、このリード線 164 とヘッドスライダ 153 に組み込まれた磁気ヘッドの各電極とが電氣的に接続されている。図中 165 は磁気ヘッドアセンブリ 160 の電極パッドである。

【0081】ここで、ヘッドスライダ 153 の媒体対向面 (ABS) と磁気ディスク 200 の表面との間には、所定の浮上量が設定されている。

【0082】図9(a)は、浮上量が所定の正の値の場合のヘッドスライダ153と磁気ディスク200との関係を表す概念図である。同図に例示したように、通常、多くの磁気記録再生装置においては、磁気ヘッド10を搭載したスライダ153は、磁気ディスク200の表面から所定の距離だけ浮上した状態で動作する。本発明においては、このような「浮上走行型」の磁気記録再生装置においても、従来よりも高感度で低ノイズの記録・読み取りを行うことができる。すなわち、前述した各実施形態にかかる磁気ヘッドを採用することにより、主磁極先端部と補助磁極や薄膜磁気ヨークなどとの間の位置関係を最適の条件に維持することができ、高感度且つ低ノイズで磁気ディスク200に信号を記録し、且つ信号磁束を再生することができる。つまり、高出力と高感度化が実現し、熱攪乱を抑制しつつ記録密度を高くすることができる。

【0083】一方、記録密度がさらに上がると、浮上高を低下させて、より磁気ディスク200に近いところを滑空させて情報を読み取る必要が生ずる。例えば、1インチ平方あたり30G(ギガ)ビット程度の記録密度を得るためには、もはや、浮上していることによるスペーシングロスが大きくなり過ぎ、極低浮上によるヘッド10と磁気ディスク200とのクラッシュの問題も無視できなくなる。

【0084】そのため、磁気ヘッド10と磁気ディスク200とを逆に積極的に接触させて、走行させる方式も考えられる。

【0085】図9(b)は、このような「接触走行型」のヘッドスライダ153と磁気ディスク200との関係を表す概念図である。本発明の磁気ヘッドは、DLC潤滑膜を備え、また、記録コイルや磁気抵抗効果素子は、所定のハイトだけ磁気ディスクから隔離されている。従って、図9(b)に例示したような「接触走行型」の磁気記録再生装置においても、主磁極先端部と補助磁極や薄膜磁気ヨークなどとの間の位置関係を最適に維持し、従来よりもさらに高密度の記録再生を安定して行うことができるようになる。

【0086】また、本発明によれば、このような低浮上量のスライダを簡単に作成することも可能となる。

【0087】図10は、スライダ153を媒体対向面から見た概念斜視図である。すなわち、磁気ヘッド10は、スライダ153の媒体走行方向に対してトレーリング側(後側)に設けられ、リーディング側(前側)にはエアロパターン153Aが設けられている。このエアロパターン153Aは、媒体の走行に伴って生ずる媒体近傍の空気の流れを流体力学的にみて最適なモードに制御する作用を有し、特定の形状と深さを必要とする。

【0088】本発明によれば、磁気ヘッドの製造と同時に、このエアロパターン153Aも形成することができる。すなわち、図2に表した一連の工程の前に、基板4

1の表面に、エアロパターン153Aの反転パターンを形成すれば良い。

【0089】図11は、このような反転パターンが形成された基板41の表面構造を例示する斜視図である。すなわち、同図の例では、基板41の表面に、4個のスライダに対応する領域153Sが形成されている。それぞれのスライダ形成領域153Sには、磁気ヘッド形成領域に対応する凹部10Sと、エアロパターンの反転パターンに対応する凹部153iとが形成されている。

【0090】このように基板41をパターンニングし、しかる後に、図2乃至図3に関して前述した一連の工程を実施すれば、基板41の凹部はスライダの媒体対向面に転写される。そして、図3(c)に示した埋め込みの後に、切断ライン63に沿って基板41を切断し、図3

(d)に示したように基板41を分離すれば、低浮上量のスライダ153の浮上面のエアロパターン153Aを面倒な機械加工工程やローバー加工プロセスを経ずにウェーハ工程のみで加工できる。その結果として、1/3以上的大幅な低コスト化がはかれる。

【0091】以上、具体例を参照しつつ、本発明の実施の形態について説明した。しかし、本発明は、これらの具体例に限定されるものではない。例えば、磁気ヘッドを構成する各要素の材料や形状などに関しては、当業者が選択しうる範囲のすべてを同様に用いて同様の効果を奏し得る。

【0092】また、磁気記録再生装置に関しても、記録のみまたは再生のみを実施するものであっても良く、また、媒体は、ハードディスクには限定されず、その他、フレキシブルディスクや磁気カードなどのあらゆる磁気記録媒体を用いることが可能である。さらに、磁気記録媒体を装置から取り外し可能した、いわゆる「リムーバブル」の形式の装置であっても良い。

【0093】

【発明の効果】本発明は、以上説明した形態で実施され、以下に詳述する効果を奏する。

【0094】まず、本発明によれば、薄膜ヘッドを構成する薄膜の膜面と媒体面とを平行な位置関係としたため、補助磁極のリセス量、薄膜リターンヨークのリセス量、コイルのリセス量をそれぞれ媒体対向面側に積層した薄膜の膜厚によって規定できる。薄膜の膜厚さは0.01 $\mu$ mオーダーで正確に規定できるため、極めて高効率な磁路を形成でき、記録系においては薄膜記録コイルで発生する磁束を高効率で主磁極先端部に収束させ、主磁極先端部の媒体側端部で記録磁界を究極の値まで増大でき、高密度対応の高保持力の媒体に記録できるヘッドを提供することができる。

【0095】また、再生系では媒体の磁束を高効率でGMR/TMR積層素子に導くことができ、結果大きな出力が得られる。

【0096】当然、上記リセス量はDLC膜以外の絶縁

膜等により制御することも可能である。さらには、比較的厚い DLC 膜を主磁極先端部と媒体との距離を遠ざけずに主磁極先端部の周りに配置できるため、接触走行時に多少の摩耗が発生しても、前記 DLC 膜が無くなることはなく、耐接触走行信頼性も大幅に向上する。

【0097】また、本発明によれば、複雑なエアロパターンを有するスライダを磁気ヘッドと同時に形成することができる。その結果として、製造コストを大幅に低減することも可能となる。

【0098】さらに、本発明によれば、従来よりも大幅に微細化した主磁極先端部を低コストに製造することも可能となる。すなわち、これまで FIB (Focused Ion Beam Etching) や EB (Electron-beam) などによる直接描画は、微細加工には向いているがスループットが極端に悪いため、スライダのようなデバイスの量産には使用されなかった。これに対して、本発明によれば、主磁極先端部は DLC 膜に形成される開口により規定されるため、開口を形成する抜きパターンのみ露光あるいは加工すればよい。この開口は、素子面積の  $1/1000$  以下の微小面積であるので FIB (Focus Ion Beam Etching) や EB (Electron-beam) 直接描画を使用でき、これまで得られなかったような微細な磁極を形成することも可能となる。その結果として、従来よりも記録ビットサイズを縮小し、記録密度を大幅に上げることが可能となる。

【0099】以上詳述したように、本発明によれば、熱攪乱を抑制しつつ高い記録・再生効率を有する垂直記録再生磁気ヘッドを高い再現性で実現することができ産業上のメリットは多大である。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の垂直磁気ヘッドの断面構造を表す概念図である。

【図 2】本発明の磁気ヘッドの製造方法を概念的に表す工程断面図である。

【図 3】本発明の磁気ヘッドの製造方法を概念的に表す工程断面図である。

【図 4】主磁極先端部が埋め込まれた状態を表す要部拡大断面図である。

【図 5】本発明の第 1 の変形例を概念的に表す断面図である。

【図 6】本発明の第 2 の変形例を概念的に表す断面図である。

【図 7】磁気記録再生装置の概略構成を例示する要部斜視図である。

【図 8】アクチュエータアーム 155 から先の磁気ヘッドアセンブリをディスク側から眺めた拡大斜視図である。

【図 9】(a) は、浮上量が所定の正の値の場合のヘッドスライダ 153 と磁気ディスク 200 との関係を表す概念図であり、(b) は、「接触走行型」のヘッドスライダ 153 と磁気ディスク 200 との関係を表す概念図である。

【図 10】スライダ 153 を媒体対向面から見た概念斜視図である。

【図 11】反転パターンが形成された基板 41 の表面を例示する斜視図である。

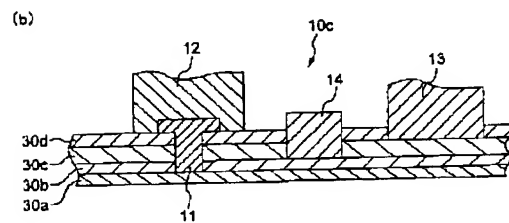
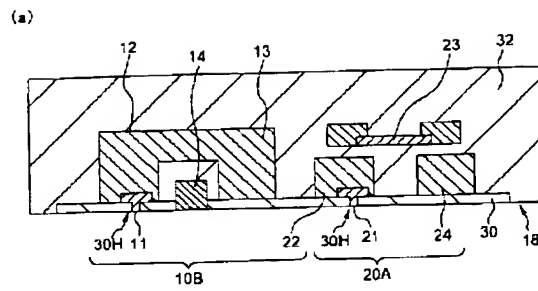
【図 12】従来の垂直記録再生用の磁気ヘッドの断面構造を表す概念図である。

#### 【符号の説明】

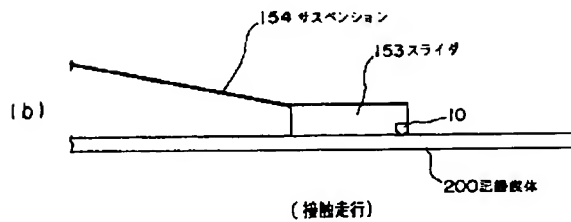
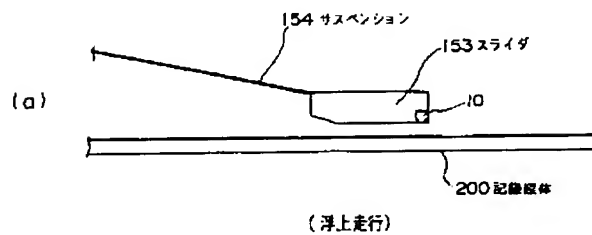
- 10 磁気ヘッド
- 10A~10C 記録ヘッド
- 11 主磁極先端部
- 12 補助磁極部
- 13 薄膜リターンヨーク部
- 14 薄膜記録コイル
- 18 媒体対向面
- 20A~20B 再生ヘッド
- 21 主磁極先端部
- 22、24 薄膜磁気ヨーク
- 23 検出素子
- 26 磁気シールド
- 30 薄膜 (DLC 潤滑膜)
- 30H 開口
- 41 基板
- 42 剥離層
- 150 磁気記録再生装置
- 152 スピンドル
- 153 ヘッドスライダ
- 153A エアロパターン
- 154 サスペンション
- 155 アクチュエータアーム
- 156 ボイスコイルモータ
- 160 磁気ヘッドアセンブリ
- 200 垂直磁気記録ディスク
- 215 垂直記録層
- 216 裏打ち軟磁性膜
- 218 バias 層



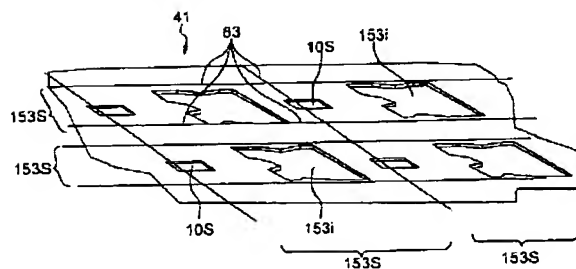
【図 5】



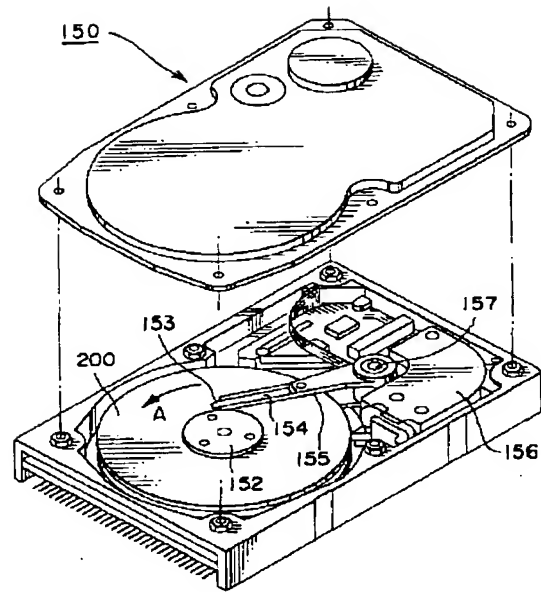
【図 9】



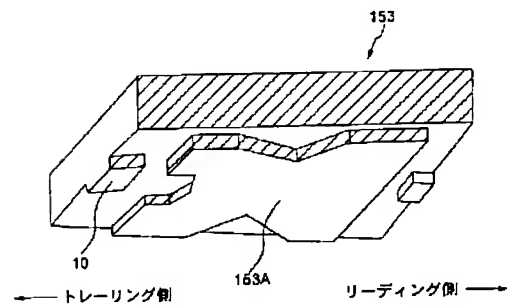
【図 11】



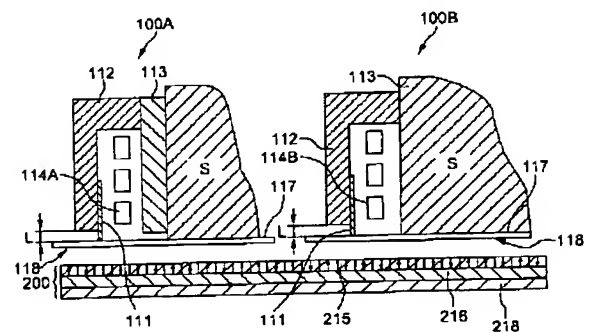
【図 7】



【図 10】



【図 12】



フロントページの続き

(72)発明者 大日向 祐 介  
東京都青梅市末広町2丁目9番地 株式会  
社東芝青梅工場内

Fターム(参考) 5D033 AA05 BA07 BA12 BA32 BB03  
DA02 DA08 DA31

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載  
 【部門区分】第 6 部門第 4 区分  
 【発行日】平成 14 年 12 月 20 日 (2002. 12. 20)

【公開番号】特開 2001-93112 (P2001-93112A)  
 【公開日】平成 13 年 4 月 6 日 (2001. 4. 6)  
 【年通号数】公開特許公報 13-932  
 【出願番号】特願平 11-271365  
 【国際特許分類第 7 版】

G11B 5/31  
 21/21 101

【F I】

G11B 5/31 A  
 21/21 101 P

【手続補正書】

【提出日】平成 14 年 9 月 30 日 (2002. 9. 30)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書  
 【補正対象項目名】特許請求の範囲  
 【補正方法】変更  
 【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】垂直磁気記録媒体に磁化情報を記録したまたは記録された磁化情報を再生する磁気ヘッドであって、前記垂直磁気記録媒体に対向する主面とこの主面に対して裏側の裏面とを有し、前記主面から前記裏面に至る開口が設けられた薄膜と、前記開口内に前記媒体対向面に向けて延出した主磁極先端部と、前記媒体対向面からリセスして前記薄膜上に設けられた補助磁極と、を有する主磁極と、前記主磁極と磁氣的に結合する薄膜磁気要素であって、一面が前記裏面に接触する端部を有する薄膜磁気要素と、を備えたことを特徴とする磁気ヘッド。  
 【請求項 2】媒体対向面に対して平行に設けられた薄膜と、前記媒体対向面に向けて延出した主磁極と、前記主磁極と磁氣的に結合された薄膜リターンヨークと、前記主磁極と前記薄膜リターンヨークとにより形成される磁路と差交するように設けられた薄膜記録コイルと、を備え、前記主磁極の膜主面と、前記薄膜リターンヨークの膜主面と、前記薄膜記録コイルの膜主面は、いずれも前記媒体対向面に対して平行に形成され、前記薄膜リターンヨーク及び前記記録コイルの少なくともいずれかは、前記媒体対向面から前記薄膜の膜厚で規定される量だけリセスしていることを特徴とする垂直磁

気記録用の磁気ヘッド。

【請求項 3】前記主磁極は、前記媒体対向面に向けて延出した主磁極先端部と、前記媒体対向面からリセスして前記薄膜上に設けられた補助磁極と、を有することを特徴とする請求項 2 に記載の磁気ヘッド。

【請求項 4】媒体対向面に対して平行に設けられた薄膜と、前記媒体対向面に向けて延出した主磁極と、薄膜磁気ヨークと、前記主磁極及び前記薄膜磁気ヨークと磁氣的に結合された磁気抵抗効果素子と、を備え、前記主磁極と前記薄膜磁気ヨークとにより媒体磁束を前記磁気抵抗効果素子に導き、媒体に記録された磁化情報を前記磁気抵抗効果素子の抵抗変化により検出するヨーク型磁気抵抗効果型の磁気ヘッドであって、前記主磁極の膜主面と前記薄膜磁気ヨークの膜主面とはいずれも前記媒体対向面に対して平行に形成され、且つ前記薄膜磁気ヨークまたは前記磁気抵抗効果素子の少なくともいずれかは前記媒体対向面から前記薄膜の膜厚で規定される量だけリセスしていることを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項 5】垂直磁気記録媒体に磁化情報を記録したまたは記録された磁化情報を再生する磁気ヘッドの製造方法であって、基板上に剥離層を形成する工程と、前記剥離層の上に薄膜を形成する工程と、前記薄膜に開口を形成する工程と、前記開口を充填するように主磁極を形成する工程と、前記薄膜の上に前記主磁極と磁氣的に結合すべき薄膜磁気要素を形成する工程と、前記剥離層をエッチングすることにより前記基板を分離して前記薄膜の主面と平行な媒体対向面を形成する工程と、

を備えたことを特徴とする磁気ヘッドの製造方法。

【請求項 6】請求項 1～4 のいずれかに記載の磁気ヘッドを備え、垂直磁気記録媒体に対して磁気情報を記録し

または記録された磁気情報を再生することを特徴とする磁気記録装置。